

# Competencias del Ingeniero en Informática en la Cuarta Revolución Industrial

Mildred Luces<sup>1</sup>  
milluces@gmail.com

<sup>1</sup> Universidad Nacional Experimental de la Gran Caracas, Caracas, Venezuela

---

**Resumen:** La ingeniería de software evoluciona con la inteligencia artificial, la robótica, el big data, la nanotecnología, la biotecnología, la ciencia de materiales, el almacenamiento de energía y la computación cuántica, entre otros elementos, para alinearse a la Industria 4.0. Los cambios propuestos en las guías curriculares de la Association for Computing Machinery (ACM) y del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), diseñados en la primera guía curricular CE2004 y actualizados en la CE2016, conforme a criterios científicos, sociales y profesionales; permiten orientar los planes de estudios de licenciatura o ingeniería en las instituciones universitarias acorde a las significativas exigencias actuales. Estas orientaciones coinciden con las conclusiones del Foro Iberoamericano de Ingeniería y Sociedad Digital y con distintas investigaciones en señalar que el profesional de la informática y la computación deben prepararse para desarrollar talento en competencias, actitudes y experiencias tanto digitales como de innovación, emprendimiento y creatividad. Destacan la ética, el pensamiento crítico, los idiomas, el trabajo en red, la adaptación a los cambios, la proactividad, la autogestión y la resiliencia debido al impacto que tendrán en el desarrollo económico, tecnológico y social; y de las nuevas formas de vivir, comunicarnos y relacionarnos con el mundo. Este artículo presenta un breve concepto de la Cuarta Revolución Industrial, análisis comparativo de las Guías Curriculares CE2004 y CE2016 a fin de fundamentar los cambios curriculares propuestos según las nuevas competencias, funciones y exigencias disruptivas en las que coinciden distintas investigaciones realizadas para ahondar en el papel de los profesionales del área de la computación, informática y sistemas.

**Palabras Clave:** Ingeniería de Software; Comparativa de Currículo; Cuarta Revolución Industrial.

**Abstract:** Software engineering evolves with artificial intelligence, robotics, big data, nanotechnology, biotechnology, materials science, energy storage, and quantum computing, among other elements, to align itself with Industry 4.0. The changes proposed in the curricular guides of the Association for Computing Machinery (ACM) and the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), designed in the first CE2004 curricular guide and updated in CE2016, in accordance with scientific, social and professional criteria; They allow guiding the undergraduate or engineering study plans in university institutions according to the current significant requirements. These guidelines coincide with the conclusions of the Ibero-American Forum on Engineering and Digital Society and with different investigations in pointing out that the computer and computing professional should prepare to develop talent in competences, attitudes and experiences both digital and of innovation, entrepreneurship and creativity. They emphasize ethics, critical thinking, languages, networking, adaptation to change, proactivity, self-management and resilience due to the impact they will have on economic, technological and social development; and of the new ways of living, communicating and relating to the world. This article presents a brief concept of the Fourth Industrial Revolution, comparative analysis of the Curricular Guides CE2004 and CE2016 in order to base the proposed curricular changes according to the new competences, functions and disruptive requirements in which different investigations carried out to delve into the role of professionals in the area of computing, informatics and systems.

**Keywords:** Software Engineering; Curriculum Comparison; Fourth Industrial Revolution.

---

## I. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería en Informática y sus profesionales son considerados elementos clave en el escenario de la Cuarta Revolución Industrial, denominada la transformación digital de la industria [1]. Los países afinan estrategias para situar sus industrias en un nivel competitivo globalmente. La principal

estrategia sigue siendo la formación de los profesionales que se requieren en esta área. En consonancia, según la Conferencia Regional de Educación Superior (CRES 2018), hoy más que nunca se debe “concertar la Declaración y el Plan de Acción sobre la educación superior en América Latina y el Caribe, en la perspectiva del desarrollo humano sostenible y el compromiso con sociedades más justas e igualitarias, ratificando la

responsabilidad de los Estados de garantizar la educación superior como bien público y el derecho humano y social” [2].

La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 promete cambiar el mundo tal y como lo conocemos [3], se refiere a la aplicación de nuevas tecnologías en la industria de producción, implica un nuevo modelo de organización y de control en la cadena de valor a través del ciclo de vida de los productos y a lo largo del sistema de fabricación apoyado por sensores, máquinas y sistemas informáticos. Brinda la oportunidad de incorporar a la electrónica y la informática, que vienen conviviendo en los procesos industriales, a tecnologías de la información que convergen con la sensorial y la robótica, unidos a través de la Internet que todos conocemos de información y personas, a la Internet de las Cosas (IoT) y entre todas ellas, se encuentra la Ingeniería en Informática [1][4][5].

Esta investigación estudia los cambios propuestos en la CE2016 y su adopción en planes curriculares recientes de instituciones universitarias Latinoamericanas [6][7]. Igualmente, las orientaciones de acuerdo a la demanda de nuevas habilidades en los profesionales de la Ingeniería en Informática en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial [8]. Los resultados demuestran la compactación del núcleo o cuerpo de conocimientos, la importancia de las habilidades transversales o blandas y de la conformación de espacios formativos para la construcción de nuevas y retadoras competencias profesionales y transversales. Declaran la Ingeniería en Informática como la disciplina que sostiene la existencia de las TIC, que a su vez son el soporte de la sociedad actual y el contexto profesional en el que tienen que desenvolverse los profesionales de la Industria 4.0 [9].

## II. CONTEXTO EMERGENTE DEL PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

Las múltiples investigaciones [3][5][9][10] describen la Cuarta Revolución Industrial como la introducción masiva de robots en entornos productivos y grandes transformaciones hacia un mundo digital como resultado de estar borrando los límites entre las esferas físicas, digitales y biológicas generando una fusión entre estos tres planos y con ello un cambio de paradigma. Describen estos procesos como la transición hacia nuevos sistemas ciberfísicos que operan en forma de redes más complejas que se construyen sobre la infraestructura de la revolución digital anterior [5]. Sin embargo, son innumerables las investigaciones dedicadas a resaltar los cambios humanísticos y sociales [3][4][8][9] debido a los aportes que prevé precisamente a las ciencias sociales, humanísticas y naturales. En consecuencia, manifiestan la necesidad no sólo de construir competencias tecnológicas y metodológicas, sino las denominadas competencias transversales que incluyen habilidades blandas o líquidas orientadas a cambios paradigmáticos en la sociedad. Refuerzan la necesidad de transformar las habilidades blandas en los profesionales de las ciencias de la computación, sin descuidar sus capacidades de programación y discernimiento de las ciencias duras [11-13].

Las investigaciones refieren que la Cuarta Revolución Industrial profundiza más en el conocimiento [4][10], en el recolectar, almacenar, procesar y recuperar datos estructurados o no estructurados a través de herramientas tecnológicas como el big data y la inteligencia artificial para la generación de sistemas

cada vez más autónomos, con la menor intervención humana incluyendo procesos de toma de decisiones [14].

Si bien los países deben garantizar una industrialización más limpia en procesos que hagan posible la sostenibilidad política, económica, ambiental y social [15], sin lugar a duda es en esta última dimensión donde los países latinoamericanos en particular pueden comenzar a aprovechar las ventajas de la Cuarta Revolución Industrial. Según Klaus Schwab [3], Fundador del Foro Económico Mundial, la prosperidad debe ser inclusiva, es la gran oportunidad para que Latinoamérica salde sus deudas sociales y económicas. Schwab afirma que la Cuarta Revolución Industrial tiene el potencial de elevar los niveles de ingreso globales y mejorar la calidad de vida de poblaciones enteras, enfatiza la necesidad de que cada individuo se sienta capaz de vivir una vida plena y con aspiraciones; y procurar el beneficio de todos los miembros de la sociedad. Concluye que el ecosistema de tecnologías emergentes ha impactado y seguirá impactando todos los sectores, cambiará los modos de producción, la forma de comunicarnos y de relacionarnos con el mundo, enfatiza que vivimos una época de mayor promesa o potencial peligro.

Coincide con otras investigaciones [14] en que la aplicabilidad social es propicia para la innovación, la gobernabilidad, la digitalización y la producción en procesos sostenibles en distintas áreas y dimensiones de la sociedad y que requieren de una construcción colectiva, interdisciplinaria, consensuada para su aprovechamiento en mayor medida en áreas en las que los costos sean mínimos, muy especialmente en la educación, salud, registro y control de los procesos productivos de la alimentación, transporte y todos aquellos que demanden la atención del Estado por organizaciones públicas y privadas, y por supuesto del ciudadano común [16]. Para ello, trabajar en su empoderamiento, construir la igualdad de oportunidades, la democratización de los servicios, la gobernabilidad y la disminución de la corrupción como factores sociales imperantes. Procesos en los que deben intervenir equipos multidisciplinarios entre los que se encuentran los ingenieros en informática y afines.

## III. ORIENTACIÓN DE LA ACM

Por su parte, la formación de los profesionales de la computación mundialmente viene siendo fundamentada por la Association for Computing Machinery (ACM) y el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) a través de guías curriculares diseñadas conforme a criterios científicos, sociales y profesionales, identificadas como la CE2004 y la CE2016 [17], sumado a los aportes de la Association for Information Systems (AIS). La CE2016 presenta cambios significativos acorde a las exigencias actuales, ofrece un cuerpo de conocimientos identificado por áreas, a partir de las cuales las instituciones universitarias orientan sus diseños curriculares de acuerdo con sus necesidades. Contemplan: el estudio de la organización y arquitectura de las computadoras, cómo se relacionan las computadoras con los algoritmos, la programación, las bases de datos, las redes, la ingeniería de software y las comunicaciones, como núcleo articulador que debe aparecer en todo currículo, identifica las demás áreas como suplementarias [18]. Sin embargo, Vega y Aguilar [19] infieren que el currículo de ingeniería que contenga sólo unidades nucleares se considera incompleto. Una de las diferencias importantes de las guías es la compactación del núcleo

articulador de conocimientos, registrada en la CE2016, con una mayor oportunidad de flexibilizar el currículo y adicionar las denominadas competencias blandas.

De acuerdo con la ACM y la IEEE, la ingeniería en computación es una disciplina que incorpora tanto ciencia como tecnología para diseñar, construir, implementar y mantener componentes de software y hardware. Es vista como una combinación de las ciencias de la computación y la ingeniería eléctrica. En consecuencia, las universidades estadounidenses y europeas incorporan en su currículo asignaturas básicas de ingeniería eléctrica. Las universidades latinoamericanas tienen un mayor componente social y con ello buscan diferenciar la ingeniería en computación de la ingeniería en informática.

La CE2016 reconoce cinco perfiles diferenciados o muy bien definidos:

- Ciencia de la Computación (Computer Science)
- Ingeniería en Computación (Computer Engineering)
- Sistemas de Información (Information Systems)
- Ingeniería de Software (Software Engineering)
- Tecnología de la Información (Information Technology)

Los principios básicos de la ingeniería en computación refieren que:

- Es un campo amplio y en desarrollo permanente.
- Es una disciplina con su propio cuerpo de conocimiento, ethos y prácticas.
- La enseñanza de la ingeniería en computación se basa sólidamente en las teorías y principios de la computación, la matemática y la ingeniería, aplica estos principios teóricos para diseñar hardware, software, redes y equipos e instrumentos computarizados para resolver problemas. Convergen una amplia variedad de disciplinas.
- La evolución permanente de la ingeniería en computación requiere una revisión continua del currículo, en consecuencia, debe ser sensible a los cambios tecnológicos, pedagógicos y de enseñanza aprendizaje.
- Los programas de ingenierías en computación deben contener el diseño y las experiencias de laboratorios.

Además, debe identificar los cambios de habilidades y conocimientos fundamentales, la preparación para la práctica profesional, discusiones de estrategias, tácticas y recomendaciones en la implementación de sistemas informáticos que todos los graduandos deben poseer.

La ACM y el IEEE presentan cinco modelos de currículum, donde el más cercano al perfil latinoamericano es el modelo B, el que más se diferencia es el modelo D administrado en China, a continuación, ambos modelos.

El Currículo B, mayormente utilizado en las universidades estadounidenses y europeas, contiene los elementos básicos de la ingeniería eléctrica, presente en menor grado en las universidades latinoamericanas, ver en la Tabla 1.

El Curriculum D, administrado en las universidades Chinas, presenta 43 créditos traducidos en más horas académicas que el currículum de las universidades norteamericanas y europeas. Estos créditos son dedicados a la ciencia computacional e

ingeniería, introducción a la inteligencia artificial y 12 créditos académicos dedicados a laboratorios para la ciencia computacional e ingeniería, ver en la Tabla 2.

**Tabla 1:** Distribución de Créditos Académicos del Currículum B

Credit-Hours	Áreas
20	Mathematics and statics
11	Natural science (physics, Chemistry)
33	Humanities, social science, composition, and literature
25	Required computer science (excluding design Project)
11	Required electrical engineering
9	Technical electives (from computer science or engineering)
5	Culminating design Project (from computer science)
6	Free electives
120	Total Credit Hours for Computer Engineering Program

**Tabla 2:** Distribución de Créditos Académicos del Currículum D

Credit-Hours	Áreas
25	Mathematics
10	Natural science (physics, Chemistry)
2	Elective mathematics and natural Science
41	Humanities, social science, composition, literature, foreign language, physical education
48	Required computer science and engineering (CE)
12	Lab courses- computer science and engineering (CE)
10	Technical electives – basic and advanced (CE)
15	Capstone Project for graduation (CE)
0	Free electives
163	Total Credit Hours for Computer Engineering Program

El núcleo básico propuesto por la CE2016 está conformado por catorce áreas:

- Algoritmos computacionales
- Arquitectura y organización de computadoras
- Ingeniería de sistemas y proyectos
- Procesamiento de señales
- Sistemas incrustados
- Circuitos y electrónica
- Preparación para la práctica profesional
- Redes computacionales
- Diseño digital
- Gestión de recursos de sistemas
- Diseño de software
- Seguridad de la información

Refiere la CE2016, el plan de estudios debe enfatizar las prácticas profesionales, los aspectos legales y éticos; habilidades para la resolución de problemas y de pensamiento crítico, habilidades personales (blandas); éstas contienen: el trabajo en equipo, la empatía y la comunicación oral y escrita.

#### A. Sobre el Perfil Profesional, Competencias y Funciones

Según [18], el perfil del profesional en computación debe estar caracterizado por:

- Desarrollar tecnología computacional buscando el bien común de los individuos, la sociedad y las organizaciones.
- Aportar con su formación humana y sus capacidades científicas y profesionales con la solución de los problemas sociales de nuestro entorno.
- Transformar, acelerar y ampliar los límites de cualquier área del conocimiento a través de soluciones innovadoras basadas en el uso eficiente de tecnología computacional.
- Adaptarse rápidamente a los cambios tecnológicos debido a su formación basada en la investigación constante.
- Trabajar y liderar equipos multidisciplinarios que llevan a cabo proyectos de innovación tecnológica.
- Incrementar las ventajas competitivas de cualquier organización a través del uso eficiente de tecnología computacional gracias a su alta capacidad de abstracción.
- Crear empresas de base tecnológica.
- Poder seguir estudios de postgrado con exigencia internacional en áreas relacionadas.

Los empleos del futuro requieren que los jóvenes cuenten con una sólida base teórica, una buena formación práctica y estar en contacto con el mundo del hardware y el software. Según Blanco, Fontodrona y Poveda [5], ocho de cada diez jóvenes, entre 20 y 30 años encontrarán trabajo relacionados al ámbito digital que aún no existen. Los autores describen las diez profesiones más solicitadas: *Ingeniero smart factory*, *Chief digital officer*, *Experto en innovación digital*, *Data scientist*, *Experto en usabilidad*, *Director en contenidos digitales*, *Experto y gestor de riesgos digitales* y *Director de marketing digital*, aseguran que la demanda de estos profesionales actualmente ya es una realidad. El trabajo más cotizado en el 2016 fue el de *Growth hacker* y el *Especialista en big data*, el más buscado.

Las nuevas ocupaciones refieren a la intersección de profesionales apoyados en programas informáticos y máquinas que se conforman como arquitectos y analistas de macrodatos. Las tecnologías y la interdisciplinariedad modifican la idea de profesiones absolutas y cerradas a lo largo de una vida [20], incluso se aspira a que nuestros jóvenes tengan más de dos profesiones, sin embargo los especialistas en servicios de nubes, desarrolladores de programas informáticos y profesionales del marketing digital [15], se crearán a partir de varias funciones legales nuevas en la intersección de los programas informáticos y el derecho, por ejemplo, ingenieros y arquitectos con conocimiento legal y tecnologías, tecnólogos legales, gerentes de proyectos, gerentes de riesgos y analistas de procesos. Se abren caminos no pensados en todas las disciplinas.

La industria 4.0 se identifica con el término Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things) e Internet de los Servicios, para ello el plan de estudios debe estar orientado a que el estudiante desarrolle competencias analíticas avanzadas (big data),

simulación avanzada y modelado virtual de plantas, habilidades en la interface hombre-máquina, gestión integrada de control de calidad, de procesos y de productos.

La metodología de enseñanza debe estar enfocada a la innovación, en consecuencia, el diseño curricular debe ser flexible, en permanente actualización, proclive a la acreditación internacional. El estudio de [19] demuestra que la Cuarta Revolución Industrial gira alrededor del conocimiento, en consecuencia afectará prioritariamente a las personas, piedra angular de la gran transformación que se avecina. La universidad es considerada el recinto propicio para estudiar, comprender y generar conocimiento, ciencia y tecnología. Se considera factor nuclear para asumir y hacer denotar que los estudios universitarios no son procesos acabados, que éste debe ser un proceso para toda la vida, que si bien se estudian las bases teóricas, científicas, tecnológicas y su impacto en la sociedad, este es un proceso permanente que debe seguir desarrollándose. El curriculum debe ser atractivo, dinámico, con mayor intercambio presencial y el aprendizaje en línea y en red. En búsqueda de crear los ambientes propicios para el desarrollo, la investigación y la innovación (I+D+i), algo a lo que los países latinoamericanos están obligados, según [10], para poder salir de los ambientes de pobreza. Es oportuno instalar laboratorios informáticos dedicados a transformar el aprendizaje en aplicaciones que contribuyan al cambio de una sociedad consumidora de tecnología a productora de tecnologías que den respuesta a soluciones reales de nuestro contexto.

En ese sentido, se debe orientar la construcción de competencias digitales [15], para atraer talento humano proclive a operar bajo criterios de gestión multifuncional, en aprender a interpretar y gestionar los datos y en desarrollar desde una óptica externa habilidades de cooperación en los nuevos ecosistemas y redes de empresas emergentes. Da por hecho el surgimiento de nuevas organizaciones de bienes y servicios. Insta a desarrollar instrumentos y medidas de ciberseguridad y de protección de la información. Igualmente a definir un plan estratégico avanzado para la evolución de la organización en su transformación al mundo 4.0, esto implica el trabajo multidisciplinario, de conocimientos y habilidades del profesional de la informática con la planificación estratégica necesaria para iniciar la transformación digital en cualquier organización. Plantea los siguientes elementos que debe contener el diseño del plan estratégico:

- a) Planificación del alcance y alineación con la estrategia general de la organización; cuyos objetivos se correspondan claramente con priorizar acciones de:
  - Mejora de la eficiencia operativa
  - Optimización de la cadena de valor
  - Posibilidad de crear nuevos modelos de negocio.

Igualmente, aconseja evaluar la madurez digital actual y contrastarla con la deseada.
- b) Facilitar el entorno de trabajo con mentalidad abierta al aprendizaje, al cambio y a la experimentación.
- c) Definir las competencias a desarrollar tanto internas como de los proveedores.
- d) Reclutar y gestionar talento, priorizando la multidisciplinariedad de los equipos y la capacidad de convertir en virtud el análisis de datos.

- e) Seleccionar un conjunto de proveedores con tecnología testadas para ir construyendo el network óptimo de partners.
- f) Adoptar una perspectiva de ecosistemas y desarrollar habilidades de gestión en red.
- g) Iniciar con proyectos piloto, validar resultados y sistematizar los mecanismos de aprendizaje.

Por su parte, en [11-13][20][21], recopilan varios estudios relacionados con las habilidades blandas para trabajos líquidos, como nuevo paradigma laboral, donde destaca el estudio realizado por el World Economic Forum [2], en la que refieren que en menos de dos años un conjunto de habilidades necesarias para la mayoría de las ocupaciones estarán compuestas por aptitudes que hoy no son consideradas tan importantes. Describen el origen de la denominación flexible, líquido, como la capacidad de adaptarse a las situaciones que sean necesarias, asemejan como un líquido en un vaso, que en el más ligero movimiento cambia la forma del agua. La Figura 1 muestra el gráfico publicado por SpiceWorks referido a las habilidades más importantes para los profesionales de las tecnologías de la información, puntuando las habilidades blandas con el conocimiento en seguridad.



Figura 1: Habilidades más Importantes para los Profesionales de las Tecnologías de la Información

La revisión permanente de las competencias no sólo de carácter técnico y metodológico, sino de las denominadas participativas y personales, descritas por el autor como competencias transversales, adicionales, generalizables y transferibles en distintos contextos y actividades [8]. Destaca la necesidad de una educación que fomente el aprender rápido y el desaprender con la misma rapidez para aprender nuevamente en la sociedad VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity y Ambiguity) o sociedad líquida, de grandes transformaciones. Ver el mundo desde nuevas perspectivas, con mente, corazón y voluntad abierta para conectarse con las posibilidades emergentes y hacerlas realidad. Aboga por desarrollar un nivel de consciencia de nuestras capacidades, salir de patrones cognitivos y aprender no sólo a aprender, sino a ser. A ser responsable y consciente, es decir una educación que no esté centrada en lo objetivo, sino en lo subjetivo.

Ante las investigaciones de la cultura digital, proclive a sacrificar la conversación por la conexión, al nacimiento de una época más acelerada, llena de distractores y en constante movimiento, hace un llamado a ir lento, prestar atención y pararse a reflexionar [15][20]. Debido a que la transformación, en la Cuarta Revolución Industrial, producto de innovaciones desde la biotecnología hasta la inteligencia artificial para redefinir el ser humano, se basa en varias investigaciones para describir incidencias que tendrán de manera individual y colectiva, entre ellas: la afectación de la identidad, la longevidad, la salud, la privacidad, los procesos cognitivos, la manera de relacionarnos con los demás, tiempo dedicado al ocio y al trabajo, desarrollo profesional y por supuesto el proceso formativo, especialmente para reconocer las competencias requeridas en la Revolución 4.0 para poder identificar, elegir o reconducir alternativas, personales, académicas y profesionales.

Coincide con otros autores [8][18], en la relevancia a percatarse de "que las plataformas están diseñadas estratégicamente para crear adicción", que la tecnología no es neutral y las consecuencias son obvias. Igualmente, que el impacto negativo augura aumento de la brecha social, eliminación de un número significativo de empleos, aunque se pronostica una cantidad considerable de nuevos empleos, declaran que los inconvenientes del proceso evolutivo aún están en la sombra. Describe especialmente inquietante el riesgo de profundizar las desigualdades, al aumentar la brecha entre los rendimientos del capital y los del trabajo en un mercado laboral cada vez más dual, es decir, sectores de baja cualificación con exiguos salarios y los de cualificaciones altas con remuneraciones elevadas que pudieran dar lugar al aumento de tensiones sociales.

Según estudio del Banco Interamericano de Desarrollo, las habilidades más valoradas será la capacidad para "resolver problemas complejos", en un mundo cada vez más automatizado, se valora el "pensamiento crítico", "la creatividad", de un puesto 10 en el 2015, pasa a ser la tercera habilidad más valorada. En ese mismo año la capacidad de "negociación y la flexibilidad" con un lugar destacado desciende por el avance del uso de la inteligencia artificial en el análisis de grandes volúmenes de datos y la inteligencia artificial. La "escucha activa" es sustituida por la "inteligencia emocional" como habilidad crucial [22].

### B. Sobre las Tecnologías Emergentes

El desarrollo de la industria 4.0 hasta los momentos tiene presente tecnologías, conceptos y funcionalidades que ya forman parte de la cotidianidad, entre ellas:

- **API (Application Programming Interface):** Es una interface de desarrollo de aplicaciones que establece la relación entre varias aplicaciones para permitir el intercambio de datos. Se prevé se conviertan en pieza fundamental basada en Inteligencia Artificial para el establecimiento de nuevos modelos de negocio empresariales y nuevas líneas de investigación.
- **Big Data:** capacidad de coleccionar, almacenar y analizar grandes cantidades de datos para convertir los datos en información útil para facilitar la toma de decisiones, incluso en tiempo real.
- **Blockchain (Cadena de bloques):** Se inició como tecnología utilizada para la creación de monedas virtuales, sigue evolucionando hacia una plataforma alternativa a los

actuales mecanismos centralizados de transacción y mantenimiento de registros, favoreciendo la interacción de las empresas sin intermediarios en las operaciones. Es considerada una auténtica revolución para las empresas inmersas en la transformación digital.

- **Chatbot:** Sistema basado en Inteligencia Artificial, Aprendizaje Automático y Procesamiento de Lenguaje Natural que permite establecer plataformas conversacionales con robots como si estuviésemos hablando con humanos. Se prevé su utilidad para que las empresas ofrezcan al usuario una experiencia personalizada e integral.
- **Cyberseguridad:** Define los conceptos que rigen la seguridad a través de garantizar la integridad de la gestión y operatividad digital de las organizaciones, contempla habilidad en técnicas de seguridad en sistemas de telecomunicaciones.
- **Simulation:** Es la representación matemática de un fenómeno físico que nos permite el estudio tanto de procesos físicos, como de ingeniería, económicos e incluso biológicos. Capacidad de concebir, modelar, implementar, operar y optimizar productos y procesos en ambientes virtuales. Permite conocer lo que está pasando.
- **Universal System Integration:** capacidad de integración física-virtual y horizontal – vertical de todos los sistemas productivos en la fábrica digital.
- **Industrial IoT:** Permitirá reducir el tiempo de inactividad de las máquinas y conseguir una ocupación mayor. Es la habilidad de conexión industrial de Internet en tiempo real de dispositivos, plantas, oficinas y compañías para compartir información.
- **Cloud Computing:** capacidad de computación en la nube de IoT y de big data. Conforman un espacio con capacidad ilimitada para guardar información y con funcionamiento que favorece la conectividad y un modelo ágil orientado a la prestación de servicios.
- **Additive Manufacturing:** capacidad de integración de elementos físicos con elementos virtuales para crear una realidad aumentada en tiempo real en la fábrica digital.
- **Impresión 3D:** Es uno de los pilares de la transformación de la industria y con un potencial cada vez más al alza. Permite la fabricación y elaboración de prototipos cuya efectividad puede ser probada y adaptada más rápido.
- **Inteligencia Artificial:** Son sistemas que aprenden y se adaptan de forma autónoma a la empresa. Aplicada a la producción, permitirá automatizar los procesos para dotar de mayor valor a la organización.
- **Internet de las Cosas (IoT):** Todo estará conectado, comprende tecnología inteligente que conecta todas las áreas productivas, permite el seguimiento del proceso, disminuye riesgos y prevé mejoras para una producción que rozará la perfección.
- **Nube Transversal (Edge Computing):** Permite un modelo productivo no centralizado. Es un modelo basado en el procesamiento de información y recopilación para aproximarse a las fuentes de esa información.
- **Realidad Virtual (VR) y Realidad Aumentada (AR):** Comprende la combinación de experiencias reales y virtuales. Permite generar una experiencia inmersa que

permita examinar escenarios de la vida real en los que simula aspectos de productividad que requieran ser analizados.

- **Wearables:** Son dispositivos electrónicos que se incorporan en alguna parte del cuerpo en forma de prenda o complemento. Son habilitadores digitales que explotan el potencial del Internet de las Cosas, convirtiendo elementos físicos en información digital para su posterior tratamiento [22-26].



Figura 2: Pilares de la Industria 4.0

La conjunción de los pilares tecnológicos de la Industria 4.0, destaca: sistemas ciberfísicos de integración: máquinas y sistemas autónomos (robots), internet de las cosas (IoT), manufactura aditiva (impresión 3D); big data y análisis de macro datos; computación en la nube; simulación de entornos virtuales; inteligencia artificial; ciberseguridad; y realidad aumentada; esta conjugación traerá transformaciones profundas que se conocerán y conectarán en tiempo real a todos los actores sociales mediante Internet. Esto significa que la sociedad global conocerá lo que está ocurriendo con estas tecnologías en otras esferas [22]. La conjunción establecida en las organizaciones y en la vida en general, generará una enorme cantidad de datos, que gracias a los nuevos sistemas computacionales y algoritmos avanzados, pueden ser procesados y analizados minimizando el esfuerzo humano. Generando cambios significativos en la forma de operar con los datos, entre ellos: descentralizar y mejorar la toma de decisiones, instrumentar modelos predictivos en todas las áreas de las organizaciones; instrumentar sistemas de detección de fallas de equipos, de logística, entre otros. Los pilares de la Industria 4.0 son reseñados en múltiples investigaciones [4][5][10][23-26] como se presentan en la Figura 2.

Cada una de estas tecnologías contiene un potencial de transformación de sectores, vienen desarrollándose y se encuentran en un estado de madurez que le permite asociarse con otras. Todos los días seguirán sumándose tecnologías que se complementan como: drones, sensores inteligentes, controladores, plataformas electrónicas abiertas, sistemas de localización, sistemas de autoidentificación y blockchain.

Las investigaciones refieren que la Inteligencia Artificial (IA) llegó para quedarse, no es ni siquiera el mismo concepto que en sus inicios se tenía de ella. La IA en sus comienzos se pensaba en procesos programados definidos en distintos niveles de toma de decisiones, hoy el conjunto de tecnologías que acompañan la Inteligencia Artificial como el IoT, la sensorial y la robótica refieren actividades más predictivas, esto por supuesto no aleja las preocupaciones sobre todo para que el funcionamiento de la Inteligencia Artificial tenga la garantía de estar a la entera disposición de la humanidad, al respeto irrestricto de la dignidad humana y la realización universal de los derechos humanos [19].

La Conferencia Regional de Educación Superior [2] declara la importancia de las instituciones de educación superior como instituciones estratégicas para coadyuvar en la disminución y la superación de las brechas y asimetrías existentes entre los países, en especial los países Latinoamericanos y el Caribe; en la ciencia, la tecnología, la innovación, la cultura y el progreso humano para asumir la responsabilidad con el cumplimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [2], casi todos los objetivos muestran el propósito de asegurar que la inminente transformación industrial se lleve a cabo de manera sostenible [24]. Declaran el avance social, la generación de riqueza, una cultura de paz, la integración e identidad social, el afianzamiento de la identidad y la lucha contra el hambre y la pobreza. El llamado es a impulsar el desarrollo científico, tecnológico y educativo orientado a la innovación desde el sector académico articulado con las organizaciones públicas y privadas, al reconocimiento y oportunidades de atender las necesidades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) [2].

Las investigaciones coinciden en el cambio de la sociedad tal y como la conocemos, la transformación de la vida, de la humanidad en la cual los profesionales tienen un papel protagónico, menos individual, donde debe reconocer el escenario, la ética y la transformación en la cual participa.

Actualmente el Programa Nacional de Formación en Informática (PNFI), contempla en su propuesta 2019 [27], un núcleo básico fortalecido en las áreas de matemáticas, programación, base de datos, ingeniería de software, sistemas operativos, investigación de operaciones e introducción a la inteligencia artificial. Actualiza igualmente el área de comunicación oral y escrita y muy especialmente el área de pensamiento crítico donde se incluye el desarrollo personal, ético político, profesional, de innovación y emprendimiento. Articula las unidades curriculares a las líneas de investigación de Ingeniería de Software, Sistemas Inteligentes y Humanístico Socio Dialéctico encargada del eje de pensamiento crítico.

#### IV. EDUCACIÓN 4.0: LABORATORIOS DE PROTOTIPADO Y CONSTRUCCIÓN DE COMPETENCIAS TRANSVERSALES

En estudio exploratorio realizado sobre las Implicaciones de la Industria 4.0 en la educación superior [28] muestra una visión general entre los conceptos de industria 4.0 y la educación 4.0, señalan que a través del diseño, desarrollo y evaluación de una secuencia didáctica aplicada, de bajo costo, bajo el enfoque de pensamiento computacional [11] y activo, puede llevarse a cabo el aprendizaje de conceptos de alto nivel, sin comprometer la calidad y la profundidad de los conceptos tratados, así como la contextualización social y profesional, especialmente dedicados a las actividades que deberán enfrentar los estudiantes como futuros profesionales.

Reseñan que el enfoque 4.0 tiene que ver con el uso de las tecnologías, en consecuencia emerge rápidamente la brecha digital, entre países, organizaciones y personas. Sin embargo, no se debe considerar que la tecnología per se fomenta o propicia escenarios basados en el enfoque 4.0. Exaltan, el ser humano juega la preponderancia en el enfoque. Para esto, sugieren replantear la práctica docente, construir un equilibrio entre las actividades docentes, de facilitador del aprendizaje en la impartición de la cátedra, la actualización profesional técnica del docente en las tecnologías emergentes y la conformación de equipos de Desarrollo, Investigación e innovación (D+I+i). De tal manera, la formación de los nuevos profesionales es producto de la construcción y valoración colectiva de conocimientos, habilidades y destrezas del equipo docente de la unidad curricular, de los ejes de formación, investigación, grupos de innovación, entre otros. En otras palabras, la conformación de equipos, con las mejores prácticas, la construcción de herramientas orientadas a la construcción de habilidades blandas o líquidas invita a los docentes a cuestionar la realidad a través de ejercicios reflexivos y metacognitivos que logre transferir a los estudiantes para que los estudiantes reconozcan lo que saben, descubran lo que no saben y propongan las acciones remediales respectivas [29]. El equipo académico a través de la metacognición debe conformar los espacios propicios para la interdisciplinariedad, el trabajo en equipo, la resolución de problemas, entre otros. Los estudiantes pueden reconocer y controlar su aprendizaje, pensar en forma crítica y reflexiva, actuar con autonomía, resolver problemas, tomar decisiones y determinar las estrategias para lograr los objetivos del aprendizaje. Construir las competencias transversales modeladas por el equipo docente implica la vivencia de la tolerancia a la frustración, creatividad y proactividad, flexibilidad y adaptabilidad, disposición al aprendizaje y rectificación de caminos; aspectos que impulsan la inteligencia emocional en las personas [11-13].

El proceso educativo debe acelerar una adaptación a los ritmos de evolución de la cuarta revolución industrial en el sector industrial, de lo contrario se puede propiciar una ruptura, un desfase, en la relación industria-academia generando un conflicto y cuestionamiento con respecto a las funciones fundamentales de la universidad, este proceso sólo es posible conformando los equipos académicos, de Desarrollo, Investigación e Innovación institucional en cada institución universitaria.

La integración de tecnologías, metodologías, herramientas, enfoques y procesos propiciará nuevos enfoques de trabajos, puntos de vistas, interacción en las sociedades digitalizadas y sobre todo del aprendizaje [13], entre ellos el pensamiento computacional [28] para resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática. El pensamiento computacional es descrito como el desarrollo sistemático de habilidades del pensamiento crítico, el pensamiento lateral en la resolución de problemas utilizando la capacidad de abstracción y las técnicas de resolución de problemas utilizados por los científicos e ingenieros de la computación y que pueden ser enseñados y aplicados en otras disciplinas. Este enfoque permite construir una nueva dinámica que debe enfrentarse a través de la incorporación de laboratorios de aprendizaje como estrategia formativa para operacionalizar el desarrollo de prototipos de sistemas informáticos, donde los estudiantes

desarrollen en equipos de trabajo, desde los ejercicios más sencillos, rutinas o módulos de procesos de distinto nivel hasta sistemas automatizados. Este enfoque permitirá dinamizar, discutir y desarrollar el cumplimiento de distintas etapas de la enseñanza aprendizaje en las distintas fases de la ingeniería de desarrollo de software en prototipos base. Este proceso demanda el diseño de guías de laboratorios con distintos ejemplos de procesos, módulos, rutinas hasta llegar a completar un sistema informático desarrollado en horas de laboratorio teórico práctico. Modelar en su práctica las competencias transversales del equipo docente en la conformación de equipos de trabajo, empatía, solidaridad, creatividad, innovación, desprendimiento y resiliencia ante los desafiantes retos por venir.

Es oportuno igualmente asociar a las estrategias de desarrollo de soluciones informáticas, procesos de investigación e innovación, dada la oportunidad de reconocer los cambios en la introducción de nuevas estrategias formativas. La innovación surge, según Rave [10], de las fronteras de la interdisciplinariedad, las orientaciones sobre las cuales surge la Cuarta Revolución Industrial, ya reconoce la necesidad del trabajo en equipo interdisciplinario, transformador, veloz, dinámico y enfocado.

Implica igualmente la conformación de equipos de docentes multidisciplinarios, capaces de analizar, construir y adoptar las competencias transversales, las habilidades blandas o líquidas que los nuevos profesionales necesitan aprender. La conformación de consejos científicos, de investigación y desarrollo, en permanente trabajo y revisión de la producción alcanzada.

## V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Las ciencias de la computación, informática y sistemas se desarrollan exponencialmente, en consecuencia, las instituciones universitarias que forman los profesionales que demanda la sociedad tienen la responsabilidad de garantizar la calidad académica, a fin de detectar la actualización de los conocimientos, habilidades y destrezas que se pretenden desarrollar en los estudiantes que requiere la sociedad actual y futura.

La identificación del núcleo formativo debe estar acompañado de la identificación de las áreas para formar las competencias transversales, habilidades interpersonales, cognitivas y emocionales, destacan: el trabajo en equipo, la resolución de problemas complejos y la toma de decisiones, el pensamiento crítico y reflexivo, la innovación, la investigación y el emprendimiento.

La actualización curricular permanente debe contener la actualización del personal docente dedicada a la gestión del proceso formativo, así como el manejo y aplicación de las competencias transversales.

Las competencias profesionales y técnicas están fuertemente acompañadas de competencias transversales, habilidades blandas o líquidas, en consecuencia el proceso formativo debe contribuir en su construcción en el estudiante y en los docentes.

La adecuación y fortalecimiento del currículo demanda a la actualización del personal docente dedicado a la gestión del proceso formativo y a la construcción de guías de laboratorio para el desarrollo de sistemas informáticos donde se cumplan las

fases de la ingeniería de software y los estudiantes puedan desarrollar sistemas conformándose equipos de desarrollo de cualquier organización y pongan en práctica las competencias técnicas y blandas.

La construcción de competencias digitales incorpora la planificación estratégica, la transdisciplinariedad y el monitoreo permanente interno y externo de las organizaciones.

La construcción de guías de laboratorio para el desarrollo de sistemas informáticos por parte de los estudiantes permitirá avanzar en el cumplimiento de las distintas fases de la ingeniería de desarrollo de software permitirá adoptar la estrategia de horas de laboratorio que contempla el currículo que se gestiona en China y en otras regiones. De vital importancia el seguimiento de su implementación.

Como trabajo futuro, la revisión permanente de las implicaciones de un modelo curricular en constante evaluación y fortalecimiento demanda investigaciones y propuestas con valor científico que permita la toma de decisiones más acertada, la orientación de investigaciones e innovaciones desde las instituciones universitarias hacia su contexto.

## REFERENCIAS

- [1] J. L. del Val Román. Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática CODDIInforme (2016). *Industria 4.0. la Transformación Digital de la Industria*. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto, 2016.
- [2] UNESCO. *El Papel Estratégico de la Educación Superior en el Desarrollo Sostenible de América Latina y el Caribe*, 2018.
- [3] K. Schwab, *La Cuarta Revolución Industrial*. Foro Económico Mundial, Octubre 2016.
- [4] Tendencias 21. *Tendencias Informáticas: Los Ingenieros Informáticos, Pieza Clave de la Industria 4.0*. <http://www.tendencias21.net>.
- [5] R. Blanco, J. Fontodrona, y C. Poveda. *La Industria 4.0: El Estado de la Cuestión*. Revista Dialnet, no. 406, pp. 151-164, Fundación Dialnet, 2017.
- [6] Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingeniería. Ingeniería de Sistemas e Informática. *Programa Educativo del Programa (PEP). Formación Integral para la Transformación Social y Humana*, Medellín, Colombia, 2017.
- [7] Universidad Católica San Pablo. *Plan Curricular 2016 de la Escuela Profesional de Ciencia de la Computación*. <http://cs.ucsp.edu.pe>.
- [8] E. Samanes y C. Martínez. *Revolución 4.0. Competencias, Educación y Orientación*. Revista Digital en Docencia Universitaria, vol. 12, no. 2, pp. 4-34, 2018.
- [9] F. J. García. *Los Estudios de Ingeniería en Informática*. Área de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial. Departamento de Informática y Automática. Universidad de Salamanca, 2018.
- [10] R. Rave. *La Cuarta Revolución Industrial en Latinoamérica*. <http://www.cnnspanol.cnn.com>.
- [11] J. M. Wing. *Computational Thinking*. Communications of the ACM, vol. 49, no. 3, pp. 33-35, March 2006.
- [12] C. Chaves. *Habilidades del Siglo XXI*. Revista Conexiones. pp. 12-18, 2016.
- [13] F. Vera. *Infusión de Habilidades Blandas en el Currículo de la Educación Superior: Clave para el Desarrollo de Capital Humano Avanzado*. Revista Akademeia, vol. 15, no. 1, pp. 53-73, 2016.
- [14] UNESCO. *Foro Políticas Públicas para la Innovación 4.0. Ciencia, Tecnología Cultura e Innovación en la Cuarta Revolución Industrial*. vol. 47, no. 5, pp. 6. Oficina de México. Agosto 2017.
- [15] C. Roing. *Industria 4.0: La Cuarta (Re)Evolución Industrial*. Harvard Deusto Business review, no. 266, pp. 64-70. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5909151>.
- [16] IndustriALL Global Union. *El Desafío de la Industria 4.0 y la Exigencia de Nuevas Respuestas*. Oficina de América Latina y el Caribe, Montevideo, Uruguay, 2017.



- [17] Association for Computing Machine (ACM), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), *Computer Engineering Curricula 2016 (CE2016), Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering*, December 2016.
- [18] E. Cuadros. *Plan Curricular 2016 de la Escuela Profesional de Ciencia de la Computación*. Escuela Profesional de Ciencias de la Computación. Universidad Católica San Pablo. Sociedad Peruana de Computación, 2016.
- [19] J. de la Vega e I. Aguilar. *Comparativa de la Guía Curricular ACM/IEEE CE2004 y ACM/IEEE CE2016*. Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática, vol. 7, no. 13, 2018.
- [20] D. Susskind y R. Susskind. *The Future of the Professions. How Technology will Transfor the Work of Human Experts*. Oxford University, 2018.
- [21] S. Guerra. *Una Revisión Panorámica al Entrenamiento de las Habilidades Blandas en Estudiantes Universitarios*. Revista Scielo, vol. 23. Corporación Universitaria. Bogotá, Colombia, 2019.
- [22] Grupo Garatu. *IT Solutions*. <https://grupogaratu.com/que-es-y-que-aporta-la-industria-4-0>.
- [23] SERESCO.S.A. *15 Conceptos Básicos para Entender la Industria 4.0*. <http://www.industria4.es/empresa/entender-la-industria-4-0>.
- [24] A. Basco, G. Belitz, D. Coatz y P. Gamero: *Industria 4.0. Fabricando el Futuro*. Banco Interamericano de Desarrollo. Buenos Aires, Argentina, 2018.
- [25] F. Yañez. *La Meta es la Industria 4.0. Descubre la Tecnología que Hace Posible la Nueva Revolución Industrial*. Independently published, 2017.
- [26] F. Yañez. *Las 20 Tecnologías Clave de La Industria 4.0: El Camino Hacia la Fábrica del Futuro*. Independently published, 2019.
- [27] MPPEU. *Programa Nacional de Formación en Informática (PNFI)*. Propuesta actualización curricular 2019.
- [28] F. Blanco, J. M. Castro, R. A. Gayoso y W. Santana. *Las Claves de la Cuarta Revolución Industrial. Cómo Afectará a los Negocios y a las Persona*. Barcelona, Madrid, 2019.
- [29] D. Sánchez. *Industria y Educación 4.0 en México: Un Estudio Exploratorio*. Revista Innovación Educativa, vol. 19, no. 81, pp. 39-63. Tema: Implicaciones de la Industria 4.0 en la Educación Superior. Educación. Secretaría de Educación Pública. México, 2019.